

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-214012

(43)Date of publication of application : 31.07.2002

(51)Int.CI. G01F 1/66
G01F 25/00
G01N 29/02
G01N 29/18

(21)Application number : 2001-012861

(71)Applicant : TEIJIN LTD

(22)Date of filing : 22.01.2001

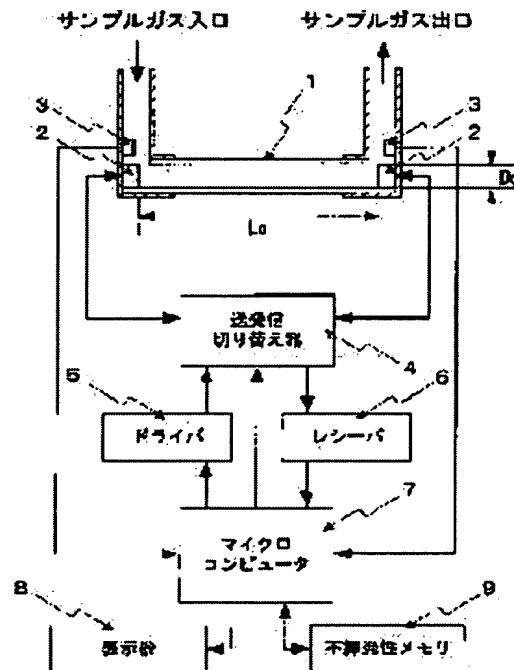
(72)Inventor : FUJIMOTO NAOTOSHI

(54) ULTRASONIC GAS CONCENTRATION AND FLOW RATE MEASURING METHOD AND APPARATUS THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To find a method and an apparatus which can be calibrated by a simple and convenient method and measure the concentration and the flow rate of a sample gas, irrespective of the temperature thereof.

SOLUTION: The ultrasonic gas concentration and flow rate measuring method of measuring the concentration and the flow rate of a sample gas, using a ultrasonic gas concentration/flow rate measuring apparatus having two ultrasonic transducers opposed in a piping for flowing the sample gas and a temperature sensor, comprise a step of flowing in the piping one kind of calibrating gas having a known concentration and a known flow rate, a step of measuring the propagation time of an ultrasonic wave transmitted from each of the two ultrasonic transducers to the other transducer, and a step of calibrating a reference length and a reference inner diameter of the piping between the ultrasonic transducers at once, based on the measurement result of the propagation time.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.08.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

*** NOTICES ***

**JPO and NCIP are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the approach of measuring the concentration and the flow rate of this sample gas using the ultrasonic type gas concentration hydrometry equipment possessing two ultrasonic vibrators which were made to counter into piping for which sample gas flows, and have been arranged, and temperature sensors The step which passes one kind of calibration gas of known concentration and a known flow rate in this piping, The step which measures the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of two ultrasonic vibrators, The ultrasonic type gas concentration hydrometry approach equipped with the step which proofreads simultaneously the criteria die length and the criteria bore of this piping that connects between ultrasonic vibrators from the measurement result of this propagation time.

[Claim 2] The approach according to claim 1 of measuring the concentration of sample gas by determining the die length of this piping that connects between the ultrasonic vibrators according to the measurement temperature of sample gas using the coefficient of linear expansion of this piping construction material, and measuring the propagation velocity of a supersonic wave from the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of the result and two ultrasonic vibrators.

[Claim 3] The approach according to claim 1 of measuring the flow rate of sample gas by determining the die length and the bore of this piping that connects between the ultrasonic vibrators according to the temperature of sample gas using the coefficient of linear expansion of this piping construction material, and measuring the propagation velocity of a supersonic wave from the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of the result and two ultrasonic vibrators.

[Claim 4] How to supply this calibration gas of two kinds of different temperature to this equipment, find the die length of this piping that connects between the ultrasonic vibrators in each temperature from the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of two ultrasonic vibrators, and measure the coefficient of linear expansion of this piping construction material from the relation between temperature and the die length of this piping, when an exact coefficient of linear expansion of this piping construction material is unknown.

[Claim 5] In two ultrasonic vibrators which are made to counter into piping for which sample gas flows, and this piping, arrange, and transmit and receive a supersonic wave, and ultrasonic type gas concentration hydrometry equipment equipped with the temperature sensor The propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of this ultrasonic vibrator is calculated. Ultrasonic type gas concentration hydrometry equipment characterized by having a storage means to memorize the result of an operation means to calculate simultaneously the criteria die length and the criteria bore of piping which connects between ultrasonic vibrators from the result, the calculated criteria die length, and a criteria bore.

[Claim 6] The die length of this piping that connects between the ultrasonic vibrators according to the measurement temperature of sample gas is calculated using the coefficient of linear expansion of this piping construction material. The propagation velocity of a supersonic wave is calculated from the result of an operation of the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of the result and two ultrasonic vibrators. Ultrasonic type

gas concentration hydrometry equipment according to claim 5 characterized by having an operation means to calculate the concentration of this sample gas from this propagation velocity.

[Claim 7] The die length and the bore of this piping that connects between the ultrasonic vibrators according to the measurement temperature of sample gas are calculated using the coefficient of linear expansion of this piping construction material. The propagation velocity of a supersonic wave is calculated from the result of an operation of the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of the result and two ultrasonic vibrators. Ultrasonic type gas concentration hydrometry equipment according to claim 5 characterized by having an operation means to calculate the flow rate of this sample gas.

[Claim 8] Supply this calibration gas of two kinds of different temperature to this equipment, and the die length of this piping that connects between the ultrasonic vibrators in each temperature from the result of an operation of the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of two ultrasonic vibrators is calculated. Ultrasonic type gas concentration hydrometry equipment according to claim 5 characterized by having temperature, an operation means to calculate the coefficient of linear expansion of this piping construction material from the relation of the die length of this piping, and a storage means by which this coefficient of linear expansion is memorizable.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the equipment which measures the concentration and the flow rate of sample gas with a supersonic wave. It is related with the equipment suitable for the oxygen density in the sample gas sent out from the oxygen enricher furthermore used for a detail for example, for the medical object, and measurement of a flow rate.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is known widely that the propagation velocity of the supersonic wave which spreads the inside of sample gas is expressed as a function of the concentration of sample gas and temperature. The ultrasonic propagation velocity C [m/sec] in T [K], then sample gas has the average molecular weight of sample gas expressed with M, and temperature is expressed with a formula (1).

[0003]

[Equation 1]

$$C = \sqrt{\frac{kRT}{M}}$$

----- 式(1)

[0004] Here, k and R are constants (the ratio of the k:constant product molar heat and the constant-pressure molar heat, R: gas constant). That is, if the ultrasonic propagation velocity C in sample gas [m/sec] and temperature [of sample gas] T [K] can be measured, the average molecular weight M of sample gas can be determined.

[0005] For example, if it is gas by which this sample gas consists of dyad [of oxygen and nitrogen], being set to k= 1.4 is known. The average molecular weight M of this sample gas can set molecular weight of MO2 and nitrogen to MN2, for example, in oxygen 100xP [%], and (0<=P<=1) and nitrogen 100x [%] (1-P), can describe the molecular weight of oxygen to be M=MO2 P+MN2 (1-P), and can determine an oxygen density P from the measured average molecular weight M. Moreover, when the ultrasonic propagation velocity in sample gas is [the rate of flow of C [m/sec] and sample gas] V [m/sec], The ultrasonic propagation velocity V1 [m/sec] measured when a supersonic wave is transmitted to the forward direction to the flow of sample gas Since the ultrasonic propagation velocity V2 [m/sec] measured when a supersonic wave is transmitted to V1=C+V and hard flow serves as V2 =C-V, it can ask for rate-of-flow [of sample gas] V [m/sec] by the formula (2).

[0006]

[Equation 2]

$$V = \frac{V_1 - V_2}{2}$$

----- 式(2)

[0007] By multiplying this by the inner area [m²] of piping for which sample gas is flowing, the flow rate [m³/sec] of sample gas can be calculated. If volume conversion and time amount conversion are furthermore performed, it is also easy to calculate a flow rate by [L/min].

[0008] This principle is used and various proposals are performed about the approach and equipment which measure the concentration of sample gas, and a flow rate from the propagation velocity or the propagation time of the supersonic wave which spreads the inside of sample gas. For example, to

JP,6-213877,A, two ultrasonic vibrators are made to counter into piping along which sample gas passes, it arranges, and the equipment which measures the concentration and the flow rate of sample gas is indicated by measuring the propagation time of the supersonic wave which spreads between these ultrasonic vibrators. Moreover, the equipment which measures the concentration of sample gas is indicated by JP,7-209265,A and JP,8-233718,A by measuring the propagation velocity or the propagation time of a supersonic wave which spreads the inside of sensing area by the acoustic wave reflective method which used one ultrasonic vibrator.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the approach and equipment which measure the concentration of sample gas, and a flow rate using the propagation velocity of such a supersonic wave etc., the die length and the bore of piping which connects between ultrasonic vibrators must be determined as accuracy. However, working accuracy and installation precision at the time of the die length and the bore of this piping creating piping for which sample gas flows, By substantial change of the die length and the bore of piping by the temperature change of piping accompanying the installation precision of an ultrasonic vibrator, the process tolerance of the ultrasonic vibrator itself, and the temperature change of sample gas etc. It is difficult to grasp the exact die length of piping which connects between ultrasonic vibrators, i.e., the propagation distance of a supersonic wave, and a bore, and has become the cause of worsening the precision of measured value. Elsewhere there is the temperature characteristic in the electronic circuitry which equipment has, and it is also pointed out that it may become the cause by which this worsens the precision of measured value.

[0010] In order to improve the temperature characteristic of the density measurement result resulting from various factors, the approach of introducing a temperature compensation multiplier is indicated by above-mentioned JP,6-213877,A and above-mentioned JP,8-233718,A. There is also a method of saving beforehand the relation between temperature, ultrasonic propagation velocity, and concentration in memory as a table in inside. However, since the method of supplying sample gas to equipment in the temperature of numbers of points, and searching for the temperature characteristic of equipment experientially, in order to ask for these temperature compensation multipliers and tables itself was taken, the great effort was required for proofreading of equipment.

[0011] Moreover, the approach of always maintaining equipment itself at constant temperature under a temperature control, and measuring it as an approach of abolishing the temperature characteristic of a measurement result, is also devised. However, there was a trouble of [equipment / for carrying out a temperature control in this approach] difficulty in the exact control of the need and temperature itself separately.

[0012] This invention can perform proofreading of equipment by the simple approach, and aims at finding out the approach which is not concerned with the temperature of sample gas but can measure exact concentration and a flow rate, and equipment.

[0013]

[Means for Solving the Problem] In order to attain this object, as a result of inquiring wholeheartedly, the temperature characteristic which appears in the measurement result of equipment finds out this invention persons as change of the die length of piping accompanying a temperature change and a bore is the cause of main. Change of this piping length especially has serious effect on the measurement result of sample gas concentration. That is, it is the propagation time of a supersonic wave which is measured from the supersonic wave transmitted and received from two ultrasonic vibrators made to counter, and in case it measures concentration from this propagation time, it needs to ask for propagation velocity using the distance (the die length of piping which connects between ultrasonic vibrators) which the supersonic wave spread. Since there is a temperature change in the die length of piping actually when the die length of piping between ultrasonic vibrators is calculated at this time noting that it is fixed in all temperature, it becomes a value which is different in the propagation velocity measured being actual, and a density measurement result will have the temperature characteristic.

[0014] Moreover, in case a flow rate (for example, Q [m^3/sec]) is calculated from the rate of flow (V [m/sec]) of the sample gas which flows under piping, since there is a temperature change also in the bore of piping, a hydrometry result as well as the die length of piping between ultrasonic vibrators will have the temperature characteristic at the time of hydrometry.

[0015] The die length of this piping and the temperature change of a bore change according to the coefficient of linear expansion [1/K] of piping construction material, if they can specify the criteria die length of this piping in the coefficient of linear expansion and the specific temperature of piping construction material, and a bore, they can ask for the die length of piping which connects between the true ultrasonic vibrators in the temperature at the time of sample gas determination, and a bore, and are not concerned with the temperature of sample gas, but can measure exact concentration and a flow rate.

[0016] By the simple approach, this invention asks accuracy for the criteria die length and the bore of piping between the ultrasonic vibrators in specific temperature, asks for the die length and the bore of piping between the ultrasonic vibrators in the temperature at the time of sample gas determination using criteria die length, a criteria bore, and the expansion coefficient of piping construction material, and offers the approach which is not concerned with the temperature of sample gas but can measure exact concentration and a flow rate, and equipment. Furthermore, this invention offers the approach of making it possible to ask accuracy for the coefficient of linear expansion of piping construction material, and equipment, when an exact coefficient of linear expansion of piping construction material is unknown.

[0017] Namely, this invention is set to the approach of measuring the concentration and the flow rate of this sample gas using the ultrasonic type gas concentration hydrometry equipment possessing two ultrasonic vibrators which were made to counter into piping for which sample gas flows, and have been arranged, and temperature sensors. The step which passes one kind of calibration gas of known concentration and a known flow rate in this piping, The step which measures the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of two ultrasonic vibrators, The ultrasonic type gas concentration hydrometry approach equipped with the step which proofreads simultaneously the criteria die length and the criteria bore of this piping that connects between ultrasonic vibrators from the measurement result of this propagation time is offered.

[0018] Moreover, this invention determines the die length of this piping that connects between the ultrasonic vibrators according to the measurement temperature of sample gas especially using the coefficient of linear expansion of this piping construction material. By measuring the propagation velocity of a supersonic wave from the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of the result and two ultrasonic vibrators The die length and the bore of this piping that connects between the ultrasonic vibrators according to the temperature of the approach of measuring the concentration of sample gas and sample gas are determined using the coefficient of linear expansion of this piping construction material. By measuring the propagation velocity of a supersonic wave from the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of the result and two ultrasonic vibrators, the approach of measuring the flow rate of sample gas is offered.

[0019] Moreover, when an exact coefficient of linear expansion of piping construction material is unknown, this invention supplies this calibration gas of two kinds of different temperature to this equipment, finds the die length of this piping that connects between the ultrasonic vibrators in each temperature from the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of two ultrasonic vibrators, and offers the approach of measuring the coefficient of linear expansion of this piping construction material from the relation between temperature and the die length of this piping.

[0020] Moreover, this invention is set to two ultrasonic vibrators which are made to counter into piping for which sample gas flows, and this piping, arrange, and transmit and receive a supersonic wave, and ultrasonic type gas concentration hydrometry equipment equipped with the temperature sensor. The propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of this ultrasonic vibrator is calculated. The ultrasonic type gas concentration hydrometry equipment characterized by having a storage means to memorize the result of an operation means to calculate simultaneously the criteria die length and the criteria bore of piping which connects between ultrasonic vibrators from the result, the calculated criteria die length, and a criteria bore is offered.

[0021] Moreover, this invention calculates the die length of this piping that connects between the

ultrasonic vibrators according to the measurement temperature of this sample gas using the coefficient of linear expansion of this piping construction material. The propagation velocity of a supersonic wave is calculated from the result of an operation of the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of the result and two ultrasonic vibrators. The ultrasonic type gas concentration hydrometry equipment according to claim 5 characterized by having an operation means to calculate the concentration of this sample gas from this propagation velocity, Or the die length and the bore of this piping that connects between the ultrasonic vibrators according to the measurement temperature of sample gas are calculated using the coefficient of linear expansion of this piping construction material. The propagation velocity of a supersonic wave is calculated from the result of an operation of the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of the result and two ultrasonic vibrators. The ultrasonic type gas concentration hydrometry equipment characterized by having an operation means to calculate the flow rate of this sample gas is offered.

[0022] Furthermore, this invention supplies this calibration gas of two kinds of different temperature to this equipment. The die length of this piping that connects between the ultrasonic vibrators in each temperature from the result of an operation of the propagation time until the ultrasonic vibrator of another side receives the supersonic wave transmitted from each of two ultrasonic vibrators is calculated. The ultrasonic type gas concentration hydrometry equipment characterized by having temperature, an operation means to calculate the coefficient of linear expansion of this piping construction material from the relation of the die length of this piping, and a storage means by which this coefficient of linear expansion is memorizable is offered.

[0023]

[Embodiment of the Invention] An example is shown below. In this example, the equipment which measures the oxygen density and flow rate of the sample gas which consists of dyad [of oxygen and nitrogen] is shown. The sample gas which can be measured by this invention is not limited only to the sample gas which consists of oxygen shown in this example, and nitrogen, and can be easily applied also to the gas constituted with other molecules.

[0024] The schematic diagram of the equipment configuration of the ultrasonic type gas concentration hydrometry equipment of this invention is shown in drawing 1. The piping 1 of a part which ties two ultrasonic vibrators 2 is carrying out the shape of a cylindrical shape, and an ultrasonic vibrator 2 is made to counter into the piping 1 for which sample gas flows, and it arranges it. A temperature sensor 3 is arranged near [two] the entrance of sample gas so that flow of the gas on an ultrasonic propagation path may not be disturbed. It enables it to measure the mean temperature of the sample gas which flows piping 1 by arranging two temperature sensors 3 in the entrance of piping 1. ***** [the number of temperature sensors 3 / one] when the temperature change of sample gas is not large.

[0025] Transmission and reception of a supersonic wave are possible for two ultrasonic vibrators 2 respectively, and the change of transmission and reception is carried out with the transceiver change vessel 4.

[0026] In case the criteria die length L0 of the piping 1 between ultrasonic vibrators and the criteria bore D0 are proofread, the gas of oxygen density 100xP [%] and nitrogen 100x(1-P) [%] is prepared with a gas bomb etc. as calibration gas, and it supplies to piping 1 by flow Q 0 [m³/sec] using a flow rate setter etc. At this time, the temperature T0 [K] which averaged the output of two temperature sensors 3 is measured, and it saves by making this temperature into reference temperature at nonvolatile memory 9. If the temperature T0 at this time [K] does not deviate from the temperature set up as operating temperature limits of equipment, it may be anything [K].

[0027] A pulse voltage is impressed to the ultrasonic vibrator 2 chosen so that the transmitted pulse of a supersonic wave might be transmitted to a driver 5 and a supersonic wave might be transmitted to the flow and the forward direction of calibration gas with delivery and the transceiver change vessel 4 from a microcomputer 7 during this calibration gas charge, and a supersonic wave is transmitted. The supersonic wave received with another ultrasonic vibrator 2 is inputted into a microcomputer 7 through the transceiver change machine 4 and a receiver 6, and the ultrasonic propagation time t1 [sec] is measured. After this propagation time t1 [sec] is measured, with the

transceiver change vessel 4, transmission and reception of an ultrasonic vibrator 2 are changed, a supersonic wave is shortly transmitted to the flow and hard flow of calibration gas, and the ultrasonic propagation time t_2 [sec] is measured like the point. The relation of the two ultrasonic propagation times is set to $t_1 < t_2$ at this time. Here, $t_0 = (t_1 + t_2) / 2$ are calculated as the ultrasonic propagation time t_0 [sec] in case the flow rate in this piping is zero.

[0028] The ultrasonic propagation velocity C_0 [m/sec] in oxygen density $100xP$ [%], nitrogen $100x(1-P)$ [%], and the gas of temperature T_0 [K] becomes like the following formulas (3) using the above-mentioned formula (1).

[0029]

[Equation 3]

$$C_0 = \sqrt{\frac{kRT_0}{M_{O_2}P + M_{N_2}(1-P)}} \quad \text{式 (3)}$$

[0030] The following relation will be materialized if the criteria die length of the piping 1 which connects between the ultrasonic vibrators in reference temperature T_0 [K] is set to L_0 [m], since the ultrasonic propagation time measured when this calibration gas was supplied was t_0 [sec].

[0031]

[Equation 4]

$$\frac{L_0}{t_0} = \sqrt{\frac{kRT_0}{M_{O_2}P + M_{N_2}(1-P)}} \quad \text{式 (4)}$$

[0032] That is, the criteria die length L_0 [m] in reference temperature T_0 [K] can be found by the following formulas (5).

[0033]

[Equation 5]

$$L_0 = t_0 \sqrt{\frac{kRT_0}{M_{O_2}P + M_{N_2}(1-P)}} \quad \text{式 (5)}$$

[0034] The above-mentioned count is carried out in a microcomputer 7, and the criteria die length L_0 [m] found here is saved at nonvolatile memory 9.

[0035] Furthermore, this criteria die length L_0 is used, and the ultrasonic propagation velocity V_{02} [m/sec] measured when a supersonic wave is transmitted to the ultrasonic propagation velocity V_{01} [m/sec] and hard flow which are measured when a supersonic wave is transmitted to the forward direction to the flow of calibration gas is set to $V_{01}=L_0/t_1$ and $V_{02}=L_0/t_2$, respectively. That is, the rate of flow V_0 of the flowing calibration gas [m/sec] can ask for under piping 1 by the following formulas (6) using the above-mentioned formula (2).

[0036]

[Equation 6]

$$V_0 = \frac{V_{01} - V_{02}}{2} \quad \text{式 (6)}$$

[0037] In case the rate of flow [m/sec] is converted into a flow rate [m³/sec], the following relation will be materialized if the criteria bore of the piping 1 which connects between the ultrasonic vibrators in reference temperature T_0 [K] is set to D_0 [m] that what is necessary is just to multiply the rate of flow V by the inner area [m²] of piping 1.

[0038]

[Equation 7]

$$V_0 \pi \left(\frac{D_0}{2}\right)^2 = Q_0 \quad \text{式 (7)}$$

[0039] That is, it can ask for the criteria bore D_0 [m] in reference temperature T_0 [K] by the following formulas (8).

[0040]

[Equation 8]

$$D_0 = 2 \sqrt{\frac{Q_0}{\pi V_0}} \quad \text{----- 式 (8)}$$

[0041] The above-mentioned count is carried out in a microcomputer 7, and the criteria bore D0 [m] for which it asked here is saved at nonvolatile memory 9.

[0042] The criteria die length L0 [m] and the criteria bore D0 [m] of the piping 1 which connects between the ultrasonic vibrators in temperature T0 [K] with supplying one kind of calibration gas of known concentration and a known flow rate to equipment by the above approach can be proofread simultaneously. While supplying calibration gas to equipment, it is realizable only by pushing once the carbon button with which equipment was equipped, and since the count itself is simple, this approach can finish proofreading in an instant. Moreover, when the physical relationship of an ultrasonic vibrator 2 changes and the propagation distance of a supersonic wave has changed with the long term deterioration of equipment etc., it is possible to update the reference temperature which reproofread equipment simply and was saved at nonvolatile memory 9, criteria die length, and a criteria bore.

[0043] Then, how to measure the oxygen density of the sample gas of strange concentration and a strange flow rate and a flow rate is described. when coefficient-of-linear-expansion [α] of the construction material of this piping 1] alpha [1/K] is known, die-length LS [m] of the piping 1 in the temperature TS at the time of sample gas determination [K] can be calculated from a degree type (9) by carrying out reading appearance of the criteria die length L0 [m] and reference temperature T0 [K] which were saved at nonvolatile memory 9, and using them.

[0044]

[Equation 9]

$$L_s = L_0 (1 + \alpha (T_s - T_0)) \quad \text{----- 式 (9)}$$

[0045] TS [K] averages and asks for the output of two temperature sensors 3 as mentioned above here.

[0046] A pulse voltage is impressed to the ultrasonic vibrator 2 chosen so that the transmitted pulse of a supersonic wave might be transmitted to a driver 5 and a supersonic wave might be transmitted to the flow and the forward direction of sample gas with delivery and the transceiver change vessel 4 from a microcomputer 7 during this sample gas charge, and a supersonic wave is transmitted. The supersonic wave received with another ultrasonic vibrator 2 is inputted into a microcomputer 7 through the transceiver change machine 4 and a receiver 6, and the ultrasonic propagation time tS1 [sec] is measured. After this propagation time tS1 [sec] is measured, with the transceiver change vessel 4, transmission and reception of an ultrasonic vibrator 2 are changed, a supersonic wave is shortly transmitted to the flow and hard flow of sample gas, and the ultrasonic propagation time tS2 [sec] is measured like the point. And $tS0 = (tS1 + tS2) / 2$ are calculated as the ultrasonic propagation time tS0 [sec] in case the flow rate in this piping is 0. From this result, it can ask for the ultrasonic propagation velocity CS in sample gas [m/sec] from $CS = LS/tS0$.

[0047] If a formula (3) is transformed by making the oxygen density PS asking into an unknown, a degree type (10) will be obtained.

[0048]

[Equation 10]

$$P_s = \frac{\frac{kRT_s}{C_s^2} - M_{N2}}{M_{O2} - M_{N2}} \quad \text{----- 式 (10)}$$

[0049] From a top type (10), the oxygen density of sample gas can be measured as $100 \times PS [\%]$. Or the oxygen density of sample gas can also be asked as a ratio of the ultrasonic propagation velocity in sample gas, and the ultrasonic propagation velocity in gas of 100% of oxygen, and 100% of nitrogen. That is, if a formula (1) is used, it can ask for the ultrasonic propagation velocity CO 2 [m/sec] in 100% of oxygen in temperature TS [K], and the ultrasonic propagation velocity CN2 in 100% of nitrogen [m/sec] easily, they use the ultrasonic propagation velocity CS in sample gas

[m/sec], and can calculate PS by the following formulas (11).

[0050]

[Equation 11]

$$P_s = \frac{\frac{1}{C_s^2} - \frac{1}{C_{s2}^2}}{\frac{1}{C_0^2} - \frac{1}{C_{s2}^2}}$$

----- 式 (11)

[0051] The above-mentioned count is carried out in a microcomputer 7, and a density measurement result is displayed on a drop 8.

[0052] As opposed to the flow of the sample gas measured with LS calculated previously at the time of hydrometry The forward direction, The ultrasonic propagation velocity VS 1 measured using the ultrasonic propagation times tS1 and tS2 in hard flow when a supersonic wave is transmitted to the forward direction to the flow of sample gas [m/sec] It can ask for the ultrasonic propagation velocity VS 2 [m/sec] measured when a supersonic wave is transmitted to hard flow by VS1=LS/tS1 and VS2=LS/tS2, respectively, and it can search for [formula / (6)] the rate of flow VS of sample gas [m/sec] from a degree type (12).

[0053]

[Equation 12]

$$V_s = \frac{V_{s1} - V_{s2}}{2}$$

----- 式 (12)

[0054] In case the rate of flow VS [m/sec] is converted into flow Q S [m³/sec], it is necessary to ask for the inner area of piping 1. The inner area SS of piping 1 [m²] can read the criteria bore D0 [m] and reference temperature T0 [K] which were saved at nonvolatile memory 9, and can ask for them by the degree type (13) from coefficient-of-linear-expansion [of the construction material of piping 1] alpha [1/K].

[0055]

[Equation 13]

$$S_s = \pi \left(\frac{D_0 (1 + \alpha (T_s - T_0))}{2} \right)^2$$

----- 式 (13)

[0056] The temperature TS here [K] is the same as TS at the time of density measurement. That is, flow Q [of sample gas] S [m³/sec] can be measured by the degree type (14).

[0057]

[Equation 14]

$$Q_s = V_s S_s$$

----- 式 (14)

[0058] The above-mentioned count is carried out in a microcomputer 7, and a hydrometry result is displayed on a drop 8.

[0059] By the above, when coefficient-of-linear-expansion [of the construction material of piping 1] alpha [1/K] is known, the oxygen density of sample gas and a flow rate can be measured.

[0060] Exact coefficient-of-linear-expansion [of piping 1] alpha [1/K] is able to ask accuracy for coefficient of linear expansion alpha using this equipment, in being strange. That is, if the die length of the piping 1 in two different temperature can be found, it is possible to specify coefficient of linear expansion alpha, and in two different temperature, it is easily possible by using the approach of proofreading the criteria die length of the piping 1 of this equipment to ask accuracy for the die length of the piping 1 in two temperature.

[0061] In a detail, the die length L1 [m] of the piping 1 which connects between ultrasonic vibrators by the proofreading approach of the criteria die length which threw equipment into the bottom of the environment of a certain temperature T1 [K] at equipment, and mentioned calibration gas above is measured more. Furthermore, in temperature T2 [K] (T2 != T1), the die length L2 of piping 1 [m] is measured similarly. In order to specify coefficient of linear expansion alpha with a sufficient precision, the larger one of the temperature gradient of T1 and T2 is good. For example, it is

desirable to measure [the minimum value of the temperature set up as operating temperature limits of equipment and near the maximum].

[0062] If T1, L1, T2, and L2 can be determined, it can ask for coefficient-of-linear-expansion [of the construction material of piping 1] alpha [1/K] by the degree type (15) as T1< T2.

[0063]

[Equation 15]

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1(T_2 - T_1)} \quad \text{----- 式 (15)}$$

[0064] The above-mentioned count is carried out in a microcomputer 7, and coefficient-of-linear-expansion alpha [1/K] for which it asked here is saved at nonvolatile memory 9.

[0065] Accuracy can be asked for the coefficient of linear expansion alpha of the construction material of piping 1 by supplying one kind of calibration gas to equipment in two different temperature by the above-mentioned approach. Since it is realizable only by easy measurement and count, this approach can update the coefficient of linear expansion which remeasures an exact coefficient of linear expansion simply by the long term deterioration of the construction material of piping 1 etc. when the coefficient of linear expansion of the construction material of piping 1 has changed, and is saved at nonvolatile memory 9.

[0066] As mentioned above, without using the special equipment for proofreading etc. according to this invention, if the measuring device itself and one kind of calibration gas are prepared, proofreading of equipment is possible. Moreover, when equipment carries out long term deterioration, it becomes possible to reproofread equipment simple. Furthermore, it is not concerned with the temperature of sample gas, but becomes measurable about exact concentration and a flow rate.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-214012

(P2002-214012A)

(43)公開日 平成14年7月31日(2002.7.31)

(51)Int.CI'

G 01 F

1/66

25/00

G 01 N

29/02

29/18

識別記号

101

F I

G 01 F

1/66

25/00

G 01 N

29/02

29/18

ラーマコード(参考)

101 2 F 0 3 5

Q 2 G 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 7 頁)

(21)出願番号

特開2001-12861(P2001-12861)

(22)出願日

平成13年1月22日(2001.1.22)

(71)出願人

帝人株式会社

大阪府大阪市中央区南本町1丁目6番7号

(72)発明者

藤本 直登志

東京都日野市旭が丘4丁目3番2号 帝人
株式会社東京研究センター内

(74)代理人

100077263

弁理士 前田 鮎博

P ターム(参考) 2F035 DA03 DA10 DA14 DA19 DA22

2G047 AA01 AB01 BC00 BC02 BC15

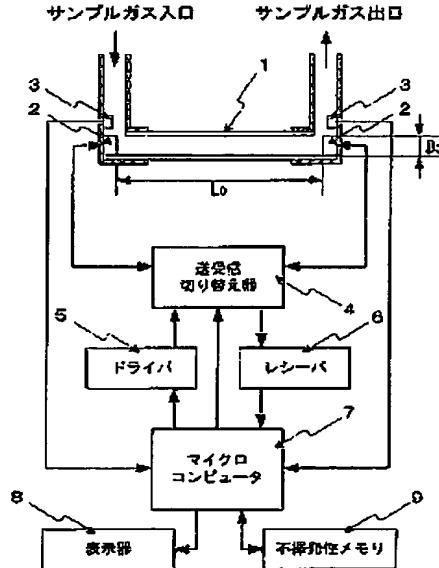
DC18 GA18 GG43 GJ21

(54)【発明の名称】超音波式ガス濃度流量測定方法及び装置

(57)【要約】

【課題】簡単な方法にて装置の校正ができ、サンプルガスの温度に関わらず正確な濃度、流量を測定できる方法、及び装置を見出す。

【解決手段】サンプルガスの流れる配管中に対向させて配置した2つの超音波振動子と温度センサを具備した超音波式ガス濃度流量測定装置を用いて該サンプルガスの濃度及び流量を測定する方法において、既知濃度、既知流量の1種類の校正用ガスを該配管中に流すステップ、2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間を測定するステップ、該伝播時間の測定結果から超音波振動子間を結ぶ該配管の基準長さ及び基準内径を同時に校正するステップを備えた超音波式ガス濃度流量測定方法。



(2)

特開2002-214012

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】サンプルガスの流れる配管中に対向させて配置した2つの超音波振動子と温度センサを具備した超音波式ガス濃度流量測定装置を用いて該サンプルガスの濃度及び流量を測定する方法において、既知濃度、既知流量の1種類の校正用ガスを該配管中に流すステップ、2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間を測定するステップ、該伝播時間の測定結果から超音波振動子間を結ぶ該配管の基準長さ及び基準内径を同時に校正するステップを備えた超音波式ガス濃度流量測定装置。

【請求項2】サンプルガスの測定濃度に応じた超音波振動子間を結ぶ該配管の長さを該配管材質の線膨張係数を用いて決定し、その結果と2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間から超音波の伝播速度を測定することにより、サンプルガスの濃度を測定する請求項1に記載の方法。

【請求項3】サンプルガスの濃度に応じた超音波振動子間を結ぶ該配管の長さと内径を該配管材質の線膨張係数を用いて決定し、その結果と2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間から超音波の伝播速度を測定することにより、サンプルガスの流量を測定する請求項1に記載の方法。

【請求項4】該配管材質の正確な線膨張係数が不明な場合には、異なる2種類の温度の該校正用ガスを該装置に投入し、2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間から各温度における超音波振動子間を結ぶ該配管の長さを求め、濃度と該配管の長さの関係から該配管材質の線膨張係数を測定する方法。

【請求項5】サンプルガスの流れる配管、該配管中に対向させて配置し超音波を送受信する2つの超音波振動子、及び温度センサを備えた超音波式ガス濃度流量測定装置において、該超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間を演算し、その結果から超音波振動子間を結ぶ配管の基準長さ及び基準内径を同時に演算する演算手段、演算した基準長さ及び基準内径の結果を記憶する記憶手段を備えたことを特徴とする超音波式ガス濃度流量測定装置。

【請求項6】サンプルガスの測定濃度に応じた超音波振動子間を結ぶ該配管の長さを該配管材質の線膨張係数を用いて演算し、その結果と2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間の演算結果から超音波の伝播速度を演算し、該伝播速度から該サンプルガスの濃度を演算する演算手段を備えたことを特徴とする請求項5に記載の超音波式ガス濃度流量測定装置。

【請求項7】サンプルガスの測定濃度に応じた超音波

振動子間を結ぶ該配管の長さと内径を該配管材質の線膨張係数を用いて演算し、その結果と2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間の演算結果から超音波の伝播速度を演算し、該サンプルガスの濃度を演算する演算手段を備えたことを特徴とする請求項5に記載の超音波式ガス濃度流量測定装置。

【請求項8】異なる2種類の温度の該校正用ガスを該装置に投入し、2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間の演算結果から各温度における超音波振動子間を結ぶ該配管の長さを演算し、濃度と該配管の長さの関係から該配管材質の線膨張係数を演算する演算手段と、該線膨張係数を記憶することのできる記憶手段を備えたことを特徴とする請求項5に記載の超音波式ガス濃度流量測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波により、サンプルガスの濃度及び流量を測定する装置に関するものである。さらに詳細には、例えば医療目的で使用される酸素濃縮器から送り出されたサンプルガス中の酸素濃度、流量の測定に適する装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】サンプルガス中を伝播する超音波の伝播速度は、サンプルガスの濃度、温度の関数として表されることが広く知られている。サンプルガスの平均分子量をM、温度をT [K] とすれば、サンプルガス中の超音波伝播速度C [m/sec]は、式(1)で表される。

【0003】

【数1】

$$C = \sqrt{\frac{kRT}{M}} \quad \text{----- 式(1)}$$

【0004】ここで、k、Rは定数(k:定圧モル比熱と定容モル比熱の比、R:気体定数)である。すなわち、サンプルガス中の超音波伝播速度C [m/sec]とサンプルガスの温度T [K]が測定できれば、サンプルガスの平均分子量Mを決定できる。

【0005】例えば該サンプルガスが酸素と窒素の2分子からなるガスであれば、k=1.4となることが知られている。該サンプルガスの平均分子量Mは、酸素の分子量をM_{o₂}、窒素の分子量をM_{n₂}として、例えば酸素100×P [%]、(0≤P≤1)と窒素100×(1-P) [%]の場合においては、M=M_{o₂}P+M_{n₂}(1-P)と記述することができ、測定された平均分子量Mから酸素濃度Pを決定できる。また、サンプルガス中の超音波伝播速度がC [m/sec]、サンプルガスの流速がV [m/sec]であったとき、サンプルガスの流れに対して順方向に超音波を送信したときに測定される超音波伝播速度V' [m/sec]は、

(3)

特開2002-214012

4

$V_1 = C + V$ 、逆方向に超音波を送信したときに測定される超音波伝播速度 V_1 [m/sec] は、 $V_1 = C - V$ となるので、サンプルガスの流速 V [m/sec] は式(2)で求めることができる。

【0006】

【数2】

$$V = \frac{V_1 - V_2}{2} \quad \text{----- 式(2)}$$

【0007】これにサンプルガスの流れている配管の内面積 [m^2] を乗じることで、サンプルガスの流速 [m^3/sec] を求めることができ。さらに体積換算、時間換算を行えば、流置を [L/min] で求めることも容易である。

【0008】該原理を利用し、サンプルガス中を伝播する超音波の伝播速度もしくは伝播時間からサンプルガスの濃度、流置を測定する方法及び装置に関しては、種々の提案が行われている。たとえば、特開平6-213877号公報には、サンプルガスが通る配管中に超音波振動子2つを対向させて配管し、該超音波振動子間を伝播する超音波の伝播時間を計測することによってサンプルガスの濃度及び流置を測定する装置が記載されている。また、特開平7-209265号公報や特開平8-233718号公報には、超音波振動子1つを使用した音波反射方式でセンシングエリア内を伝播する超音波の伝播速度もしくは伝播時間を測定することにより、サンプルガスの濃度を測定する装置が記載されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】このような超音波の伝播速度等を用いてサンプルガスの濃度、流置を測定する方法及び装置においては、超音波振動子間を結ぶ配管の長さ及び内径が正確に決定されなければならない。しかしながら、該配管の長さ及び内径は、サンプルガスの流れる配管を作成する際の工作精度や取り付け精度、超音波振動子の取り付け精度、超音波振動子そのものの加工精度、サンプルガスの温度変化に伴う配管の温度変化による配管の長さと内径の実質的な変化等により、超音波振動子間を結ぶ配管の正確な長さ、すなわち超音波の伝播距離、及び内径を把握することは困難であり、測定値の精度を悪化させる原因となっている。他にも、装置の持つ電子回路には温度特性があり、これが測定値の精度を悪化させる原因となる可能性があることも指摘されている。

【0010】前述の特開平6-213877号公報や特開平8-233718号公報等には、各種要因に起因する濃度測定結果の温度特性を改善するため、温度補正係数を導入する方法が記載されている。中には、温度と超音波伝播速度と濃度の関係を、テーブルとしてあらかじめメモリ中に保存しておくという方法もある。しかしながら、これらの温度補正係数やテーブルそのものを求めるためには、何点もの温度においてサンプルガスを装置に投入し、経験的

に装置の温度特性を求める方法が取られるため、装置の校正に多大な労力が必要であった。

【0011】また、測定結果の温度特性を無くす方法として、装置自体を温度コントロール下におき、常に一定温度に保って測定する方法も考案されている。しかしながら、該方法においては温度コントロールを実施するための装置が別途必要、温度の正確なコントロール自体が困難、といった問題点があった。

【0012】本発明は、簡便な方法にて装置の校正ができる、サンプルガスの温度に関わらず正確な濃度、流置を測定できる方法、及び装置を見出すことを目的としている。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、かかる目的を達成するために鋭意研究した結果、装置の測定結果に現れる温度特性は、温度変化に伴う配管の長さ、内径の変化が主原因であると見出したものである。とりわけ、該配管長の変化は、サンプルガス濃度の測定結果に深刻な影響を与える。すなわち、2つの対向させた超音波振動子から送受信される超音波から測定されるものは超音波の伝播時間であり、該伝播時間から濃度を測定する際には、超音波の伝播した距離（超音波振動子間を結ぶ配管の長さ）を用いて、伝播速度を求める必要がある。このとき、超音波振動子間の配管の長さをすべての温度において一定であるとして計算を実施すると、実際には配管の長さには温度変化があるため、測定される伝播速度は実際とは異なる値になってしまい、濃度測定結果は温度特性を持つことになる。

【0014】また、流置測定時には、配管中を流れるサンプルガスの流速 (V [m/sec]) から流量 (例えば Q [m^3/sec]) を求める際、超音波振動子間の配管の長さと同様、配管の内径にも温度変化があるため、流置測定結果も温度特性を持つことになる。

【0015】該配管の長さ、及び内径の温度変化は、配管材質の線膨張係数 [$1/K$] に従って変化するものであり、配管材質の線膨張係数と、特定温度における該配管の基準長さ、及び内径が特定できれば、サンプルガス測定時の温度における真の超音波振動子間を結ぶ配管の長さ、及び内径を求めることができ、サンプルガスの温度に関わらず正確な濃度、流量を測定できる。

【0016】本発明は、簡便な方法にて特定温度における超音波振動子間の配管の基準長さと内径を正確に求め、サンプルガス測定時の温度における超音波振動子間の配管の長さと内径を、基準長さ、基準内径と、配管材質の膨張係数を用いて求め、サンプルガスの温度に関わらず正確な濃度、流置を測定できる方法、及び装置を提供するものである。さらに本発明は、配管材質の正確な線膨張係数が不明な場合においても、配管材質の線膨張係数を正確に求めることを可能とする方法、及び装置を提供するものである。

(4)

特開2002-214012

5

【0017】すなわち本発明は、サンプルガスの流れる配管中に対向させて配置した2つの超音波振動子と温度センサを具備した超音波式ガス濃度流量測定装置を用いて該サンプルガスの濃度及び流量を測定する方法において、既知濃度、既知流量の1種類の校正用ガスを該配管中に流すステップ、2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間を利用して測定するステップ、該伝播時間の測定結果から超音波振動子間を結ぶ該配管の基準長さ及び基準内径を同時に校正するステップを備えた超音波式ガス濃度流量測定方法を提供するものである。

【0018】また本発明は、特にサンプルガスの測定温度に応じた超音波振動子間を結ぶ該配管の長さを該配管材質の線膨張係数を用いて決定し、その結果と2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間から超音波の伝播速度を測定することにより、サンプルガスの濃度を測定する方法、サンプルガスの温度に応じた超音波振動子間を結ぶ該配管の長さと内径を該配管材質の線膨張係数を用いて決定し、その結果と2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間から超音波の伝播速度を測定することにより、サンプルガスの流量を測定する方法を提供するものである。

【0019】また本発明は、配管材質の正確な線膨張係数が不明な場合には、異なる2種類の温度の校正用ガスを該装置に投入し、2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間から各温度における超音波振動子間を結ぶ該配管の長さを求め、温度と該配管の長さの関係から該配管材質の線膨張係数を測定する方法を提供するものである。

【0020】また本発明は、サンプルガスの流れる配管、該配管中に対向させて配置し超音波を送受信する2つの超音波振動子、及び温度センサを備えた超音波式ガス濃度流量測定装置において、該超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間を演算し、その結果から超音波振動子間を結ぶ配管の基準長さ及び基準内径を同時に演算する演算手段、演算した基準長さ及び基準内径の結果を記憶する記憶手段を備えたことを特徴とする超音波式ガス濃度流量測定装置を提供するものである。

【0021】また本発明は、かかるサンプルガスの測定温度に応じた超音波振動子間を結ぶ該配管の長さを該配管材質の線膨張係数を用いて演算し、その結果と2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間の演算結果から超音波の伝播速度を演算し、該伝播速度から該サンプルガスの濃度を演算する演算手段を備えたことを特徴とする請求項1に記載の超音波式ガス濃度流量測定装置、或はサ

6

ンプルガスの測定温度に応じた超音波振動子間を結ぶ該配管の長さと内径を該配管材質の線膨張係数を用いて演算し、その結果と2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間の演算結果から超音波の伝播速度を演算し、該サンプルガスの流量を演算する演算手段を備えたことを特徴とする超音波式ガス濃度流量測定装置を提供するものである。

【0022】更に本発明は、異なる2種類の温度の校正用ガスを該装置に投入し、2つの超音波振動子の各々から送信された超音波を他方の超音波振動子が受信するまでの伝播時間の演算結果から各温度における超音波振動子間を結ぶ該配管の長さを演算し、温度と該配管の長さの関係から該配管材質の線膨張係数を演算する演算手段と、該線膨張係数を記憶することのできる記憶手段を備えたことを特徴とする超音波式ガス濃度流量測定装置を提供するものである。

【0023】

【発明の実施の形態】以下に実施例を示す。本実施例においては、酸素と窒素の2分子からなるサンプルガスの、酸素濃度と流量を測定する装置に関して示す。本発明によって測定できるサンプルガスは、本実施例に示す酸素と窒素からなるサンプルガスだけに限定されるものではなく、他の分子によって構成されるガスに対しても容易に適用できる。

【0024】図1に本発明の超音波式ガス濃度流量測定装置の装置構成の概略図を示す。2つの超音波振動子2を結ぶ部分の配管1は円筒形状をしており、超音波振動子2は、サンプルガスの流れる配管1の中に対向させて配置する。温度センサ3は、超音波伝播経路上のガスの流れを乱すことのないように、サンプルガスの出入り口付近に2つ配置する。2つの温度センサ3を配管1の出入り口に配置することで、配管1を流れるサンプルガスの平均温度を測定できるようしている。サンプルガスの温度変化が大きくなり場合には、温度センサ3は1つでも良い。

【0025】2つの超音波振動子2は、それぞれ超音波の送受信が可能であり、送受信の切り替えは送受信切り替え器4によって実施される。

【0026】超音波振動子間の配管1の基準長さし、基準内径D₀を校正する際には、校正用ガスとして酸素濃度100×P[%]、窒素100×(1-P)[%]のガスをガスピンベ等で準備し、流量設定器等を用いて、流量Q₀[m³/sec]で配管1に投入する。このとき、2つの温度センサ3の出力を平均した温度T₀[K]を測定しておき、該温度を基準温度として、不揮発性メモリ9に保存しておく。このときの温度T₀[K]は、装置の使用温度範囲として設定している温度を逸脱しなければ、何[K]であっても構わない。

【0027】該校正用ガス投入中において、マイクロコ

(5)

特開2002-214012

7

ンピュータ7より超音波の送信パルスをドライバに送り、送受信切り替え器4によって校正用ガスの流れと順方向に超音波を送信するように選択された超音波振動子2にパルス電圧が印加され、超音波が送信される。もう一方の超音波振動子2によって受信された超音波は、送受信切り替え器4、レシーバ6を介してマイクロコンピュータ7に入力され、超音波伝播時間 t_1 [sec]が測定される。該伝播時間 t_1 [sec]が測定された後、送受信切り替え器4によって超音波振動子2の送受信を切り替え、今度は校正用ガスの流れと逆方向に超音波の送信を行い、先と同様に超音波伝播時間 t_2 [sec]を測定する。このとき、2つの超音波伝播時間の関係は、 $1 < t_2$ となる。ここで、該配管中の流量がゼロであるときの超音波伝播時間 t_0 [sec]として、 $t_0 = (t_1 + t_2) / 2$ を計算しておく。

【0028】酸素濃度 $100 \times P$ [%]、窒素 $100 \times (1 - P)$ [%]、温度 T_0 [K]のガス中の超音波伝播速度 C_0 [m/sec]は、前述の式(1)を用いて、以下の式(3)のようになる。

【0029】

【数3】

$$C_0 = \sqrt{\frac{kRT_0}{M_{N_2}P + M_{O_2}(1-P)}} \quad \text{式 (3)}$$

【0030】該校正用ガスを投入した際に測定された超音波伝播時間は t_0 [sec]であったため、基準温度 T_0 [K]における超音波振動子間を結ぶ配管1の基準長さを L_0 [m]とすると、以下の関係が成立する。

【0031】

【数4】

$$\frac{L_0}{t_0} = \sqrt{\frac{kRT_0}{M_{N_2}P + M_{O_2}(1-P)}} \quad \text{式 (4)}$$

【0032】すなわち、基準温度 T_0 [K]における基準長さ L_0 [m]は、以下の式(5)で求めることができる。

【0033】

【数5】

$$L_0 = t_0 \sqrt{\frac{kRT_0}{M_{N_2}P + M_{O_2}(1-P)}} \quad \text{式 (5)}$$

【0034】上記の計算は、マイクロコンピュータ7において実施され、ここで求めた基準長さ L_0 [m]は、不揮発性メモリ9に保存される。

【0035】さらに、該基準長さ L_0 を利用して、校正用ガスの流れに対して順方向に超音波を送信したときに測定される超音波伝播速度 V_{01} [m/sec]、逆方向に超音波を送信したときに測定される超音波伝播速度 V_{02} [m/sec]は、それぞれ $V_{01} = L_0 / t_1$ 、 $V_{02} = L_0 / t_2$ となる。すなわち、配管1中を流れる校正用ガスの流速 V

8

。[m/sec]は、前述の式(2)を用いて、以下の式(6)で求めることができる。

【0036】

【数6】

$$V_0 = \frac{V_{01} - V_{02}}{2} \quad \text{----- 式 (6)}$$

【0037】流速[m/sec]を流量[m³/sec]に換算する際には、流速 V に配管1の内面積[m²]を乗じればよく、すなわち、基準温度 T_0 [K]における超音波振動子間を結ぶ配管1の基準内径を D_0 [m]とすると以下の関係が成立する。

【0038】

【数7】

$$V_0 \pi \left(\frac{D_0}{2}\right)^2 = Q_0 \quad \text{----- 式 (7)}$$

【0039】すなわち、基準温度 T_0 [K]における基準内径 D_0 [m]は、以下の式(8)で求めることができる。

【0040】

【数8】

$$D_0 = 2 \sqrt{\frac{Q_0}{\pi V_0}} \quad \text{----- 式 (8)}$$

【0041】上記の計算は、マイクロコンピュータ7において実施され、ここで求めた基準内径 D_0 [m]は、不揮発性メモリ9に保存される。

【0042】以上の方針により、既知濃度、既知流速の校正用ガス1種類を装置に投入することで、温度 T_0 [K]

における超音波振動子間を結ぶ配管1の基準長さ L_0 [m]と基準内径 D_0 [m]を同時に校正できる。該方法は、装置に校正用ガスを投入中に、装置に装備されたボタンを1回押すだけで実現でき、計算自体も簡単なものなので、瞬時に校正を終えることが可能である。また、装置の経年劣化等により、超音波振動子2の位置関係が変わってしまい、超音波の伝播距離が変化してしまった場合等においても、簡単に装置を校正し直し、不揮発性メモリ9に保存された基準温度、基準長さ、基準内径を更新することが可能である。

【0043】統一して、未知濃度、未知流速のサンプルガスの酸素濃度、流速を測定する方法について述べる。該配管1の材質の線膨張係数 α [1/K]が既知の場合においては、サンプルガス測定時の温度 T_1 [K]における配管1の長さ L_1 [m]は、不揮発性メモリ9に保存しておいた基準長さ L_0 [m]、基準温度 T_0 [K]を読み出して用いることで、次式(9)から求めることができます。

【0044】

【数9】

(5)

特開2002-214012

$$L_s = L_0 (1 + \alpha (T_s - T_0))$$

【0045】ここで T_s [K] は、前述のように、2つの温度センサ3の出力を平均して求めておく。

【0046】該サンプルガス投入中ににおいて、マイクロコンピュータ7より超音波の送信パルスをドライバ5に送り、送受信切り替え器4によってサンプルガスの流れと順方向に超音波を送信するように選択された超音波振動子2にパルス電圧が印加され、超音波が送信される。もう一方の超音波振動子2によって受信された超音波は、送受信切り替え器4、レシーバ6を介してマイクロコンピュータ7に入力され、超音波伝播時間 t_{s1} [sec] が測定される。該伝播時間 t_{s1} [sec] が測定された後、送受信切り替え器4によって超音波振動子2の送受信を切り替え、今度はサンプルガスの流れと逆方向に超音波の送信を行い、先と同様に超音波伝播時間 t_{s2} [sec] を測定する。そして、該配管中の流速が0であるときの超音波伝播時間 t_{s0} [sec] として、 $t_{s0} = (t_{s1} + t_{s2}) / 2$ を求める。この結果より、サンプルガス中の超音波伝播速度 C_s [m/sec] は、 $C_s = L_s / t_{s0}$ から求めることができる。

【0047】求めたい酸素濃度 P_s を未知数として式(3)を変形すると、次式(10)が得られる。

【0048】

【数10】

$$P_s = \frac{\frac{KRT_s}{C_s^2} - M_{s2}}{M_{s1} - M_{s2}}$$

----- 式(10)

【0049】上式(10)より、サンプルガスの酸素濃度は $100 \times P_s$ [%] として測定できる。もしくは、サンプルガスの酸素濃度は、サンプルガス中の超音波伝播速度と、酸素100%、窒素100%のガス中の超音波伝播速度の比として求めることも可能である。すなわち、式(1)を用いれば温度 T_s [K] における酸素100%中の超音波伝播速度 C_{s1} [m/sec]、窒素100%中の超音波伝播速度 C_{s2} [m/sec] は容易に求めることができ、サンプルガス中の超音波伝播速度 C_s [m/sec] を使い、以下の式(11)によっても、 P_s を計算できる。

【0050】

【数11】

$$Q_s = V_s S_s$$

*

10

----- 式(9)

$$P_s = \frac{\frac{1}{C_s^2} - \frac{1}{C_{s2}^2}}{\frac{1}{C_{s1}^2} - \frac{1}{C_{s2}^2}}$$

----- 式(11)

【0051】上記の計算は、マイクロコンピュータ7において実施され、濃度測定結果は表示器8に表示される。

【0052】流量測定時には、先に求めた L_s と、測定されたサンプルガスの流れに対して順方向、逆方向での超音波伝播時間 t_{s1} 、 t_{s2} を用いて、サンプルガスの流れに対して順方向に超音波を送信したときに測定される超音波伝播速度 V_{s1} [m/sec]、逆方向に超音波を送信したときに測定される超音波伝播速度 V_{s2} [m/sec] は、それぞれ $V_{s1} = L_s / t_{s1}$ 、 $V_{s2} = L_s / t_{s2}$ で求めることができ、式(6)より、サンプルガスの流速 V_s [m/sec] は次式(12)より求めることができる。

【0053】

【数12】

$$V_s = \frac{V_{s1} - V_{s2}}{2}$$

----- 式(12)

【0054】流速 V_s [m/sec] を流量 Q_s [m³/sec] に換算する際には、配管1の内面積を求める必要がある。配管1の内面積 S_s [m²] は、不揮発性メモリ9に保存しておいた基準内径 D_s [m]、基準温度 T_s [K] を読み出し、配管1の材質の線膨張係数 α [1/K] から次式(13)で求める

ことができる。

【0055】

【数13】

$$S_s = \pi \left(\frac{D_s (1 + \alpha (T_s - T_0))}{2} \right)^2$$

----- 式(13)

【0056】ここでの温度 T_s [K] は、濃度測定時の T_s と同じものである。すなわち、サンプルガスの流量 Q_s [m³/sec] は次式(14)によって測定できる。

【0057】

【数14】

----- 式(14)

の場合には、本装置を用いて線膨張係数 α を正確に求めることも可能である。すなわち、異なる2つの温度における配管1の長さを求めることがければ線膨張係数 α を特定することが可能であり、異なる2つの温度において、本装置の配管1の基準長さを校正する方法を用いることによって、2つの温度における配管1の長さを正確に求めることが容易に可能である。



(7)

特開2002-214012

11

【0061】より詳細には、装置をある温度 T_1 [K] の環境下において校正用ガスを装置に投入し、上述した基準長さの校正方法によって超音波振動子間を有する配管1の長さ L_1 [m] を測定する。さらに、温度 T_1 [K] ($T_2 \neq T_1$) においても同様に配管1の長さ L_1 [m] を測定する。精度良く線膨張係数 α を特定するためには、 T_1 、 T_2 の温度差は大きいほうが良い。例えば、装置の使用温度範囲として設定している温度の最小値、最大値近傍において測定することが望ましい。

【0062】 T_1 、 L_1 、 T_2 、 L_2 が決定できれば、配管1の材質の線膨張係数 α [1/K] は、 $T_1 < T_2$ として、次式(15)にて求めることができる。

【0063】

【数15】

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1(T_2 - T_1)} \quad \text{----- 式(15)}$$

【0064】上記の計算は、マイクロコンピュータ7において実施され、ここで求めた線膨張係数 α [1/K] は、不揮発性メモリ9に保存される。

【0065】上記の方法により、異なる温度2点において校正用ガス1種類を装置に投入することで、配管1の材質の線膨張係数 α を正確に求めることができます。該方法は、簡単な測定と計算だけで実現できるものなので、*

* 配管1の材質の経年劣化等により、配管1の材質の線膨張係数が変化してしまった場合においても、簡単に正確な線膨張係数を測定しなおし、不揮発性メモリ9に保存される線膨張係数を更新することが可能である。

【0066】以上のように、本発明によれば特別な校正用の装置等を用いることなしに、測定装置そのものと校正用ガス1種類だけを準備すれば装置の校正が可能である。また、装置が経年劣化した場合においても、装置を簡便に校正しなおすことが可能となる。さらには、サンプルガスの温度に関わらず正確な濃度、及び流量を測定可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の超音波式ガス濃度流量測定装置の実施態様例。

【符号の説明】

- 1 配管
- 2 超音波振動子
- 3 温度センサ
- 4 送受信切り替え器
- 5 ドライバ
- 6 レシーバ
- 7 マイクロコンピュータ
- 8 表示器
- 9 不揮発性メモリ

【図1】

